

Examen : Actions thermiques sur les structures
Master 1 Génie Civil – décembre 2013 – Session 1
1 A4 recto-verso manuscrit personnel autorisé

Toute donnée manquante est laissée à l'appréciation du candidat.

Exercice 1 (3 points) :

1. Dans les calculs de transfert thermique dans le bâtiment, comment prend-on en compte les transferts de chaleur par convection et par rayonnement ?
2. Pourquoi est-il déconseillé de mettre des palées de contreventement aux deux extrémités d'un même bâtiment de grande longueur ?
3. Quelles vérifications réglementaires vis-à-vis des actions thermiques doit-on effectuer sur une dalle d'un tablier de pont en béton ?

Exercice 2 (7 points) :

1. Un barreau d'acier de 25 cm de haut, 4 mètres de long et encastré à une extrémité subit une variation de température de $+10^{\circ}\text{C}$ en fibre supérieure et de -10°C en fibre inférieure. Quelle est la conséquence mécanique de cette variation thermique ? Quantifier-la en explicitant les calculs effectués.
2. Le même barreau encastré à une extrémité, mais également simplement posée à l'autre extrémité voit sa température augmenter de 15°C uniformément. Quelle est la conséquence mécanique de cet échauffement ? Quantifier-la en explicitant les calculs effectués.
3. Le barreau de la question 2 subit une variation de température de $+10^{\circ}\text{C}$ en fibre supérieure et de -10°C en fibre inférieure. Quelle est la conséquence mécanique de cet échauffement ? Quantifier-la en explicitant les calculs effectués.

Exercice 3 (10 points) :

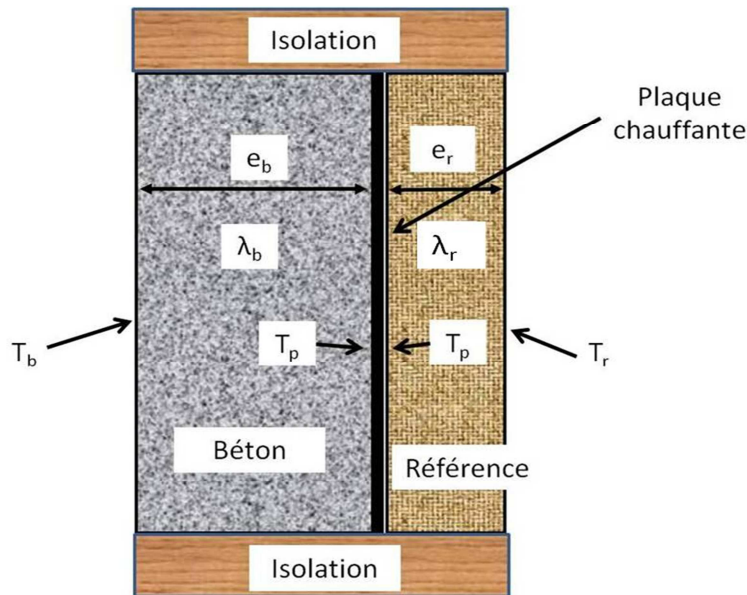
Une paroi extérieure d'un local chauffé est constituée depuis l'extérieur vers l'intérieur des couches de matériau suivantes :

- Couche n°1 : Isolation extérieure 10 cm de polystyrène ($\lambda_i=0.05 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)
- Couche n°2 : Béton d'épaisseur 10 cm et de conductivité inconnue λ_b
- Couche n°3 : Plâtre d'épaisseur 5 cm et de conductivité inconnue λ_p

1. Afin d'estimer la conductivité thermique du béton λ_b , on utilise un appareillage de mesure (cf. figure ci-dessous) qui comprend :

- Une plaque chauffante de faible épaisseur (négligeable dans le calcul), de forme carrée et de surface 1 m^2 , dans laquelle un flux de chaleur de 150 W est constamment produit. Ce flux est dissipé dans les deux sens : vers le matériau de référence et vers l'échantillon.
- De part et d'autre de la plaque chauffante, on dispose d'une part un matériau de référence d'épaisseur $e_r=5 \text{ cm}$ et de conductivité $\lambda_r=0.35 \text{ W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$ et d'autre part un béton de conductivité λ_b et d'épaisseur $e_b=10 \text{ cm}$. Le contact thermique entre la plaque chauffante et les matériaux est supposé parfait (i.e. pas de pertes de chaleur)
- Le montage est fermé à l'aide de 2 plaques échangeuses ayant pour fonction de maintenir constante la température des 2 faces externes (T_b et T_r) des 2 échantillons.
- Enfin, le montage est isolé latéralement afin de pouvoir considérer que les transferts de chaleur soient uniquement unidirectionnels.

Le dispositif est schématisé sur la figure suivante :



En régime permanent établi (RPE), la température des parois est de $T_b=T_r=T=20^\circ\text{C}$ et celle des faces en contact avec la plaque chauffante est $T_p=26.8^\circ\text{C}$.

Déterminer la conductivité thermique λ_b du béton.

2. Maintenant, afin d'estimer la conductivité thermique du plâtre, on confectionne un cube creux dont les faces sont constituées de ce matériau. Chaque face a une surface de 1 m^2 . Les faces supérieures et inférieures du cube sont supposées parfaitement isolées (adiabatiques – densité de flux transmis négligeable par rapport à celle des autres faces) et la température de l'air à l'extérieur du cube est de 20°C .
 - a. Pour une épaisseur du matériau de 4 cm et lorsque l'on dissipe à l'intérieur du cube une puissance de 100 W , la température intérieure est de 35°C en RPE.
 - b. Avec la même puissance, mais cette fois pour une épaisseur de 8 cm , la température intérieure est de 36°C .

Sachant que les coefficients d'échange convectif intérieurs et extérieurs sont constants et identiques, déterminer la conductivité du plâtre.

La question suivante peut être traitée de manière indépendante en prenant des valeurs moyennes pour les conductivités inconnues ($1,75\text{ W/m}^\circ\text{C}$ pour le béton et $1,1\text{ W/m}^\circ\text{C}$ pour le plâtre) :

3. Les conductivités des matériaux constituant le mur du local étudié sont à présent connues.
 - a. Les conditions de température à l'intérieur T_i et à l'extérieur T_e étant connues, calculer la densité de flux ϕ , ainsi que les températures d'interface. Tracer le profil de températures dans le mur.
AN: $T_i=20^\circ\text{C}$, $T_e=0^\circ\text{C}$, $1/h_i=0.11\text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$, $1/h_e=0.06\text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$.
 - b. On suppose à présent qu'un film chauffant d'épaisseur et de résistance thermique négligeables est placé entre les couches 2 et 3 (béton et plâtre). Le film chauffant dissipe constamment une puissance de 35 W/m^2 et participe en partie au chauffage du local. Les conditions de température à l'intérieur T_i et à l'extérieur T_e étant connues, calculer les densités de flux ϕ_i et ϕ_e évacuées respectivement vers l'intérieur et vers l'extérieur du local, la température du film chauffant T_c ainsi que la température de surface intérieure T_{si} .
AN: $T_i=20^\circ\text{C}$, $T_e=0^\circ\text{C}$, $1/h_i=0.11\text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$, $1/h_e=0.06\text{ m}^2/\text{W}^\circ\text{C}$.